ભૂતળવિદ્યા.

(છઠ્ઠા ધોરણના વિદ્યાર્થીઓ સારૂ.)

રચનાર,

પ્રેમચંદ કરમચંદ શાહ.

હેડમાસ્તર, બાર્ટન ફીમેલ ટ્રેઈનિંગ કોલેજ,

રાજકોટ.

આવૃત્તિ બીજી—૧૦૦૦ પ્રત.

અમદાવાદ—'આર્યોદય પ્રેસ'.

સંવત ૧૯૫૦. સને ૧૮૯૪.

કિંમત દોઢ આનો.

(પોસ્ટેજ ગાદ્ય).

૫૯૫૫

ભૂતળવિદ્યા. ૫૮૯-૨

૧. ભૂતળવિદ્યા શીખવાની જરૂરીયાત:—તડકો, વાદળાં, પવન, વરસાદ, ઝાકળ, નદીઓ, રેલ, ભરતીઓટ વગેરે આપણા જોવામાં હમેશાં આવેછે, તેથી તે ઘણાં સાધારણ થઇ જાયછે, માટે તેને વિષે આપણને વિચાર કરવાનું મન થતું નથી. પરંતુ આ સાધારણ બનાવોમાં શીખવાનું ઘણુંછે. ખાલી જોવાથી જેટલું મન રાજી થશે, તે કરતાં લક્ષપૂર્વક જોવાથી વધારે રાજી થશે. આપણી આસપાસ જે સાધારણ બનાવો બનેછે તે લક્ષપૂર્વક જોવા, ને જોયું તે પર વિચાર કરવો; અને એકલા અવલોકનથી જેનો ખુલાસો ન થાય તેને માટે બની શકે તો પ્રયોગ કરવો. સૃષ્ટિમાં આજ સૂધી જે જ્ઞાન પ્રાપ્ત થયુંછે તે **અવલોકન** અને **પ્રયોગ** એ બે રીતે થયુંછે. જે સાધારણ બનાવ આપણા જોવામાં આવતા નથી, પણ બીજાએ જોઇ તે પર વિચાર કર્યોછે. તે જ્ઞાન પુસ્તકવડે મેળવવું. ચોપડીઓનો મુખ્ય ઉપયોગ એજ છે. ચોપડીઓ વાંચી તેવું કરતાં શીખવું. આવી ટેવ ભૂતળવિદ્યા શીખ્યાથી પડેછે, તે ટેવ આપણે જે ધંધામાં લાગીશું ત્યાં તે કામ આવશે.

૨. ભૂતળવિદ્યાની વ્યાખ્યા:—જે વાયુનો આપણે શ્વાસ લઇએ છીએ, જે પૃથ્વીપર આપણે વશીએ છીએ, તથા જે દરિઆમાં વહાણો જાય છે. તેઓ વિષે અને તેઓના પરસ્પર સંબંધ વિષે ખોળ કરવાની જે વિદ્યા તેનું નામ **ભૂતળવિદ્યા**. તેમાં આ પૃથ્વી અને તેના પૃષ્ટપર જે ફેરફાર થાયછે તે દરેકનું વર્ણન આવેછે.

ભૂતળવિદ્યાના અભ્યાસીને ભૂમાનવિદ્યાના કાંઇક જ્ઞાનની જરૂરછે, સબબ તે વિષે કાંઇક સમજુતી નીચે આપીએ છીએ.

ભૂમાન વિદ્યા.

૧. ભૂમાન વિદ્યાના વિષયો.

૩. ભૂમાન વિદ્યામાં પૃથ્વીનો આકાર, તેની ગતિ, તથા તેના મહત્વનું વર્ણન હોયછે. આ વિદ્યા ખગોળ વિદ્યાનો એક ભાગછે, કેમકે ખગોળ વિદ્યામાં આકાશના સઘળા પદાર્થોની વાત આવે છે, માટે તેમાં આપણી પૃથ્વી પણ આવી જાય.

૨. વ્યાખ્યાઓ.

૪. **ગોળો**—એ એક ગોળ પદાર્થછે, તેના મધ્યબિંદુથી પૃષ્ટ ભાગ સુધી જેટલી લીટીઓ દોરીએ તે બધી બરાબર થાયછે.

૫. વર્તુલ—ગોળાને કોઇ સફાઇથી કાપીએ તો કડકો વર્તુલ (ગોળ) થાયછે.

૬. **મહદ્વર્તુલ**—ગોળાને તેના મધ્યબિંદુમાં થઇને ન જાય એવી સફાઇથી કાપીએ, તો કડકો મહદ્વર્તુલ અથવા મહદ્ ગોળ થાયછે; અને તેથી ગોળાના બે સમાન ભાગ થાયછે.

૭. **લઘુ વર્તુલ**—ગોળાને તેના મધ્યબિંદુમાં થઇને ન જાય એવી સફાઇથી કાપીએ, તો કડકો લઘુ વર્તુલ અથવા લઘુ ગોળ થાયછે; તેથી ગોળાના બે વિષમ ભાગ થાયછે.

૮. **અંશ**—હરકોઇ ગોળના પરિઘના ૩૬૦ સરખા ભાગ કરવામાં આવે છે, તે દરેક ભાગને અંશ કહેછે. અંશના ૬૦ગા ભા-

ગને કળા, અને કળાના ૬૦ મા ભાગને વિકળા કહેછે. તે ઓળખ-ચાને અંશને માથે જમણી તરફ ૦, કળાને માથે ' ને વિકળાને માથે '' આવી લીટીઓની નિશાની મુકાય છે.

૯. પૃથ્વીની ધરી—એ એક કલ્પિત રેખા છે, તે પૃથ્વીના મધ્યબિંદુમાં થઇને ઉત્તર દક્ષિણ જાય છે. તેનાપર પૃથ્વી ફરેછે.

૧૦. પૃથ્વીના ધ્રુવ—પૃથ્વીની ધરીના છેડાને ધ્રુવ કહેછે. ઉત્તર છેડાને ઉત્તર ધ્રુવ ને દક્ષિણ છેડાને દક્ષિણ ધ્રુવ કહેછે.

૧૧. વિષુવવૃત્ત—બંને ધ્રુવથી સરખે અંતરે પૃથ્વીની સપાટીપર પૂર્વ પશ્ચિમ જે મહત્ વર્તુલ દોરેલું છે તેને વિષુવવૃત્ત અથવા ભૂમધ્ય વૃત્ત કહેછે. તેથી પૃથ્વીના ઉત્તર ગોળાર્ધ અને દક્ષિણ ગોળાર્ધ એવા બે સરખા ભાગ થાયછે.

૧૨. યામ્યોત્તરવૃત્ત અથવા **રેખાંશવૃત્ત**—એ અર્ધ વૃત્ત છે, ને તે એક ધ્રુવથી બીજા ધ્રુવ સુધી વિષુવવૃત્તને કાટખૂણે છેદીને જાયછે.

પૃથ્વીના ગોળા ઉપર ચાહીએ તેટલાં યામ્યોત્તરવૃત્ત કાઢી શકીએ. જે ગામમાં થઇને જાય **તે ગામનું યામ્યોત્તરવૃત્ત** તે કહેવાય.

એ બધાં યામોત્તરવૃત્તમાંથી જેને મુખ્ય ગણીએ તે ગણી શકાય, અને જૂદા જૂદા [illegible] જૂદાંજ મુખ્ય યામ્યોત્તરવૃત ગણેછે. લંડનની પાસે ગ્રીનિચ [illegible] ળાનું સ્થળ છે તેમાં થઇને જનારા યામ્યોત્તરવૃત્તને ઇંગ્રેજ [illegible] **મુખ્યયામ્યોત્તરવૃત** ગણેછે. ફ્રેંચ લોકો પારિસનું મુખ્ય [illegible] ના હિંદુલોકોના ગ્રંથોમાં ઉજજનનું મુખ્ય ગણ્યું છે. [illegible] ગા, નકશા, તથા ભૂગોળવિદ્યાની

ચોપડીઓ આપણે વાપરીએ છીએ, તેમાં મુખ્ય યામ્યોત્તરવૃત્ત ગ્રી-નિચનું રાખેલું હોયછે.

૧૩. કોઈજગ્યાના રેખાંશ—જે યામ્યોત્તરવૃત્ત તે જગ્યા-માં થઈને જતું હોય તેની, અને મુખ્ય યામ્યોત્તર વૃત્ત વચ્ચેનું અં-તર. તેના અંશ વિષુવવૃત્તપર ગણાય છે. જગ્યા જે પ્રમાણે મુખ્ય યા-મ્યોત્તરવૃત્તની પૂર્વે કે પશ્ચિમે હોય તે પ્રમાણે તે જગ્યાના રેખાંશ પૂર્વ કે પશ્ચિમ કહેવાયછે.

રેખાંશ ઘણામાં ઘણા ૧૮૦ હોય છે, કેમકે મુખ્ય યામ્યોત્તર વૃત્તની સફાઇથી પૃથ્વીના બે સરખા ભાગ થાયછે.

કૃત્રિમ ગોળાપર મુખ્ય યામ્યોત્તરવૃત્ત વિષુવવૃત્તને જ્યાં આગળ છેદેછે, ત્યાં ૦ શૂન્ય મુકીને પછી પંદર પંદર અંશને અંતરે યામ્યોત્તર વૃત્ત દોરેલાંછે, અને તે જ્યાં આગળ વિષુવવૃત્તને છેદેછે ત્યાં આગળ તેના ૧૮૦ અંશ સૂધી પૂર્વ ને પશ્ચિમમાં આંકડા માંડેલાછે. પૃથ્વીના નકશાગાં દશ દશ અંશને અંતરે યામ્યોત્તરવૃત્ત દોરેલાંછે.

૧૪. અક્ષાંશ વૃત્ત—એ લઘુવૃત્તવિષુવવૃત્તને સમાંતરકાઢેલાં હોય છે. વિષુવવૃત્ત એ મોટામાં મોટું અક્ષાંશવૃત્ત છે, અને ધ્રુવ એ નાનામાં નાનું અક્ષાંશ વૃત્ત એટલે બિંદુ છે.

૧૫. કોઇ જગ્યાના અક્ષાંશ—તે જગ્યાનું વિષુવવૃત્તથી ઉત્તર કે દક્ષિણમાં અંતર. ઉત્તર તરફનું અંતર તે ઉત્તર અક્ષાંશ અને દક્ષિ-ણ તરફનું અતર તે દક્ષિણ અક્ષાંશ. તે યામ્યોત્તરવૃત્ત ઉપર મપાય છે.

અક્ષાંશ ઘણામાં ઘણા ૯૦ હોયછે, કેમકે વિષુવવૃત્તથી ધ્રુવ સૂધી ગોળનો ૪થો ભાગ હોયછે. વિષુવવૃત્તના અક્ષાંશ ૦, ને ધ્રુવના ૯૦.

૧૬. ક્રાન્તિ વૃત્ત—અચળ તારાઓમાં સૂર્ય ફરતો દેખાય છે,

તે માર્ગની સપાટી બતાવવાને કૃત્રિમ ગોળાપર જે વર્તુલ કાઢેલું હોયછે તે. એ વિષુવવૃત્ત સાથે ૨૩½ અંશનો ખૂણો કરેછે. એ લીટી વાસ્તવિક જોતાં પૃથ્વીની સૂર્યની આસપાસ વાર્ષિક ગતિનો માર્ગ છે.

૧૭. અયન વૃત્ત અથવા **સંક્રાન્તિવૃત્ત** –વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે અને દક્ષિણે ૨૩½ અંશને અંતરે જે બે અક્ષાંશવૃત્ત કાઢેલાંછે તે. ઉત્તર તરફનાને **કર્ક** સંક્રાન્તિવૃત્ત અને દક્ષિણ તરફનાને **મકર** સંક્રાન્તિવૃત્ત કહે છે.

૧૮. ધ્રુવ વૃત્ત—બંને ધ્રુવથી ૨૩½ અંશને અંતરે જે બે અક્ષાંશવૃત્ત દોરેલાં છે તે. ઉત્તર તરફનાને ઉત્તર ધ્રુવવૃત્ત અને દક્ષિણ તરફનાને દક્ષિણ ધ્રુવ વૃત્ત કહેછે.

૧૯. કટિબંધ—બે ધ્રુવ, બે ધ્રુવવૃત્ત, અને બે સંક્રાન્તિવૃત્તથી પૃથ્વીના પૃષ્ટના પાંચ ભાગ થાયછે, એ દરેકને કટિબંધ કહેછે.

ઉત્તરધ્રુવ અને ઉત્તરધ્રુવવૃત્તની વચ્ચેનો તે **ઉત્તરશીત કટિબંધ.**

ઉત્તરધ્રુવવૃત્ત અને કર્કસંક્રાન્તિવૃત્તની વચ્ચેનો તે **ઉત્તરસમશીતોષ્ણ કટિબંધ.**

કર્કસંક્રાન્તિવૃત્ત અને મકરસંક્રાન્તિવૃત્તની વચ્ચેનો તે **ઉષ્ણ કટિબંધ.**

મકરસંક્રાન્તિવૃત્ત અને દક્ષિણ ધ્રુવવૃત્તની વચ્ચેનો તે **દક્ષિણ સમશીતોષ્ણ કટિબંધ.**

દક્ષિણ ધ્રુવવૃત્ત અને દક્ષિણ ધ્રુવની વચ્ચેનો તે **દક્ષિણ શીત કટિબંધ.**

ઉષ્ણ કટિબંધ ૪૭ અંશનો, દરેક સમશીતોષ્ણ કટિબંધ ૪૩ અંશનો, અને દરેક શીત કટિબંધ ૨૩॥ અંશનો છે. પણ તેથી કાંઈ

તેના ખરા મહત્વનો વિચાર નહિ આવે માટે નીચેની ગણુતરી ઉ-પજાવી કાઢી છે. જો પૃથ્વીના પૃષ્ટના બરાબર ૧૦૦ ભાગ કર્યા હોય તો ૪૦ ભાગ ઉષ્ણ કટિબંધના, ૨૬ ભાગ એકેકા સમશીતોષ્ણ કટિબંધ-ના. અને ૪ ભાગ એકેકા શીત કટિબંધના છે. આ પરથી માલૂમ પડશે કે શીત કટિબંધનો નહિ વસવા લાયક મૂલક બીજા મૂલક સા-થે મુકાબલો કરતાં કાંઇ નથી.

૨૦. દૃષ્ટિગોચર ક્ષિતિજ—કોઇપણ જગ્યાએથી જોતાં આ-કાશ ને પૃથ્વી મળી ગયાની હદ બતાવનાર લઘુવર્તુલને તે જગ્યાની દૃષ્ટિગોચર ક્ષિતિજ કહે છે.

૨૧. વાસ્તવિક ક્ષિતિજ—કોઈ જગાના શિરોબિંદુથી બધી તરફ ૯૦ અંશને અંતરે થઇને જાય એવું મહદ્વર્તુલ દોરીએ તેને તે જગાની વાસ્તવિક ક્ષિતિજ કહે છે. આ ક્ષિતિજપર તારા દેખાયછે ત્યારે આથમતા કે ઊગતા હોય છે.

૩. પૃથ્વી ગોળ છે.

૨૨. જ્યારે આપણે સપાટ મેદાનની વચ્ચે ઊભા હોઇએ, અ-થવા બહોળો દરિઓ જોઇએ છીએ, ત્યારે પૃથ્વી સપાટ લાગેછે. પણ પૃથ્વી સપાટ નથી, નારંગી જેવી ગોળ છે, તેનાં કારણ ની-ચે મુજબ.

૧ લું—સપાટ મેદાનની વચ્ચે ઊભા રહીને જોઇએ, તો ચા-રપાંચ મૈલ દૂરનાં ઝાડ કે ગામ જોઇ શકીએ છીએ. કોઇ ઊંચા મિનારા પર ચડીએ તો તેથી વધારે દૂરનાં ઝાડ કે ગામ દેખાયછે, ને ડુંગરની ટોચપર ચડીએ તો તેથી પણ વધારે દૂરનાં દેખાયછે.

એટલે જેમ વધારે ઊંચે ચડીએ તેમ વધારે આગળ નજર પહોંચશે. જો પૃથ્વીનો આકાર ગોળ હોય તોજ જેમ ઊંચે ચડીએ, તેમ પૃથ્વીની વંકાશ વચમાં થોડી આવવાથી વધારે દૂર જોઇ શકીએ. પૃથ્વી સપાટ હોત તો પૃથ્વીની સપાટી પરથી પણ દૂરનાં ઝાડ કે ગામ (દૂરબીનની સહાયતાથી) દેખાત, પણ તેમ બનતું નથી.

૨ જું. દરિઆ કાંઠે કોઇ ડુંગર હોય તેની તળેટીમાં ઊભા રહીને જોઇએ, તો દૂરના વહાણના સઢની ટોચ દેખાયછે, પણ પછી ડુંગરપર ચડીને જોવાથી આખું વહાણ દેખાશે. તથા એથીપણ વધારે દૂરનાં વહાણ નીચે તળેટીમાં બિલકુલ દેખાતાં નહોતાં, તે ક્ષિતિજમાં ડાઘા રૂપે દેખાશે. ત્યાં બેશી આપણે જોયા કરીશું તો ક્ષિતિજમાંથી વહાણો નીકળી આવતાં દેખાશે. પ્રથમ વહાણના કૂવાની ટોચ અને સઢ દેખાયછે. પછી જેમ જેમ તે નજીક આવેછે તેમ તેમ સઢનો નીચેનો ભાગ ને છેવટે આખું વહાણ દેખાયછે. એથી ઉલટું જે વહાણો આપણી પાસેથી જાયછે તેનો નીચેનો ભાગ પ્રથમ દેખાતો બંધ થશે, પછી વચલો ને છેવટે સઢ ને કૂવા દેખાતા બંધ થશે. ગમે તે દિશા–ઉત્તર, દક્ષિણ, પૂર્વ, પશ્ચિમમાંથી જોતાં આમ થાયછે, તો આમ થવાનું કારણ શું? જો પૃથ્વી ખરેખરી ચપટી હોત તો વહાણ દૂર જાય તોપણ તેના ઊંચા નીચા તમામ ભાગ જણાવા જોઇએ. ફકત બહુ દૂર હોય તો નાનું ને પાસે હોય તો મોટું દેખાય. પણ પૃથ્વી ગોળ છે માટેજ પૃથ્વીનો વચલો ઊંચો ગોળ વાંક વચમાં આડો આવવાથી આવતા વહાણની ટોચ પ્રથમ દેખાયછે, તે જતા વહાણનું તળીઉં પ્રથમ દેખાતું બંધ થાયછે

૩ જું. માગલેન, ડ્રેક, કુક વગેરે વહાણવટીઓ દિશા બદલ્યા વગર એકનેએક દિશામાં વહાણ હકારી પૃથ્વી પ્રદક્ષિણા કરી પાછા ત્યાંને ત્યાં આવ્યાછે. હાલપણ એજ રીતે ઘણા લોક પૃથ્વી પ્રદક્ષિણા કરેછે. પૃથ્વીને ત્રણ અગર ચાર ખૂણા હોત તો પ્રત્યેક ખૂણે વહાણનું મોં ફેરવવું પડત પણ તેમ કરવું પડતુ નથી માટે પૃથ્વી ગોળ છે

૪ થું. જેમ જેમ પૂર્વ તરફના દેશો તેમતેમ ત્યાં સૂર્ય વહેલો ઊગેછે, અને જેમ જેમ પશ્ચિમ તરફના દેશો તેમ તેમ ત્યાં સૂર્ય મોડો ઊગેછે; માટે પૃથ્વી પૂર્વ પશ્ચિમ ગોળ છે એમ સિદ્ધ થાયછે. જો પૃથ્વી સપાટ હોત તો એકી વખતે બધે સૂર્ય ઊગત. ધ્રુવનો તારો વિષુવવૃત્ત આગળ ક્ષિતિજમાં દેખાયછે, અને ત્યાંથી જેમ જેમ ઉત્તરમાં જઇએ છીએ તેમ તેમ ઊંચો આવતો દેખાય છે. હર કોઇ સ્થળેથી આપણે ઉત્તરમાં અથવા દક્ષિણમાં જઇએ છીએ તેમ તેમ કેટલાક નવા તારા દેખાવા લાગેછે, અને કેટલાક દેખાતા બંધ થાયછે; આ પરથી પૃથ્વી ઉત્તર દક્ષિણ સપાટ ન હોતાં ગોળ છે એમ સિદ્ધ થાયછે.

૫ મું. જ્યારે સૂર્ય અને ચંદ્રની વચ્ચે પૃથ્વી આવેછે, ત્યારે સૂર્યનું અજવાળું ચંદ્રપર જઇ શકતું નથી, તેથી ચંદ્રગ્રહણ થાયછે. એ વખતે ચંદ્રપર પૃથ્વીની છાયા પડેછે, તે હમેશાં ગોળ અથવા ગોળનો ખંડ હોયછે; માટે પૃથ્વી ગોળજ હોવી જોઇએ. કેમકે ગોળ હોય તોજ પૃથ્વી આડી, ઊભી, ત્રાંસી ગમે તે સ્થિતિમાં હોય તોપણ તેનો પડછાયો ગોળ પડે. પૃથ્વી ઘંટીના પડ જેવી ગોળ નથી, તે પણ આજ કારણથી સિદ્ધ થાયછે; કેમકે ઘંટીના પડનો પડછાયો બધી સ્થિતિમાં ગોળ પડતો નથી.

૪. પૃથ્વી મોટી છે.

૨૩. પૃથ્વીપર માત્ર સપાટ જમીન કે દરિઆ હોત તો આપણે પૃથ્વીનું પૃષ્ટ ગોળ છે એમ માનીએ, પરંતુ પૃથ્વીપર મોટા મોટા પર્વતો ને ખીણોપણ છે, છતાં પૃથ્વી ગોળ છે એમ કેમ મનાય એવું આપણને લાગે પણ એમ શક લાવવાનું કાંઈ કારણ નથી. પૃથ્વીની ત્રિજ્યા લગભગ ૪૦૦૦ મૈલ છે તો ચાર મૈલ ઊંચો પર્વત પૃથ્વીની સાધારણ સપાટીથી આ અંતરના હજારમા ભાગ જેટલો માત્ર ઊંચો થશે, અને એવી આસમાનના નિશાળમાં પૃથ્વીના મોટા ગોળા હોય છે તેપર ચોટેલા કાગળની જાડાઈ જેટલી થશે. માટે પૃથ્વીનું પૃષ્ટ નારંગીની સપાટી કરતાં ગુણાબંધ વધારે લીસું છે એમ આપણા લક્ષમાં સહેજ આવશે કેમકે નારંગીને નિશાળમાંના પૃથ્વીના ગોળા જેવડી મોટી કરીશું તો તે બહુજ ખરબચડી દેખાશે.

૨૪. પૃથ્વીની વંકાશ ઘણી થોડી છે, કેમકે જો ઘણી હોતતો જે વહાણ આપણી પાસથી જાત તે એકદમ દેખાતાં બંધ પડત, પણ તેમ બનતું નથી. માટે આપણે માનવુંજ જોઇએ કે પૃથ્વી ઘણી મોટી છે. પૃથ્વીનો પરિઘ લગભગ ૨૪૦૦૦ મૈલ છે. આગગાડી દર કલાકે ૩૦ મૈલ ને વેગે અટકયા સિવાય ચાલે તો પૃથ્વી પ્રદક્ષિણા પૂરી કરતાં એક માસથી વધારે વખત લાગે.

૫. પૃથ્વી આંખે સપાટ દેખાયછે તેનું કારણ.

૨૫. પૃથ્વી ઘણી મોટી છે. માટે તેની આગળ આપણે પૃથ્વીનો જેટલો ભાગ એકી વખતે જોઇ શકીએ છીએ તે કંઇ લેખામાં નથી.

એટલા થોડા ભાગમાં પૃથ્વીની વંકાશ કેમ જણાય? તેથી આપણને પૃથ્વી સપાટ લાગેછે.

૬. પૃથ્વી ધ્રુવ આગળથી ચપટી છે તેનું કારણ.

૨૬. પૃથ્વીનો પોપડો બંધાયા પહેલાં 'એટલે જ્યારે પૃથ્વીનું પૃષ્ટ અર્દ્ધ પ્રવાહી હાલતમાં હતું, ત્યારે પૃથ્વીના ધ્રુવ તરફના ભાગ ચપટા થયેલા. કેમકે પૃથ્વીની ગતિએ કરીને વિષુવવૃત્તનો ભાગ મધ્યોત્સારી શક્તિને લીધે ફૂલેલો, તેથી ધ્રુવ તરફનો ભાગ ચપટો થયો. કોઇપણ અર્દ્ધ પ્રવાહી હાલતમાં ગોળો ફરતો હોય ને જેવો આકાર થાય તેવો આકાર પૃથ્વીનો થયેલો છે. પૃથ્વીનો ઉત્તર દક્ષિણ વ્યાસ ૭૮૯૯ મૈલ ને પૂર્વ પશ્ચિમ વ્યાસ ૭૯૨૫ મૈલ છે.

૭. નીચેના લોક પડી કેમ જતા નથી ?

૨૭. ખગોળવિદ્યામાં નીચે અને ઊંચે શબ્દ વાપરવા એજ ખોટું છે. બધા પગ તરફ પૃથ્વી ને માથા તરફ આકાશ જુએ છે, અને બધા પૃથ્વીના આકર્ષણથી તેનાપર ટકી રહ્યા છે. નીચે અને ઊંચે એ શબ્દ વાપરીએ તો પૃથ્વી તરફનો ભાગ તે નીચો અને આકાશ તરફનો તે ઊંચો એમ કહી શકાય. એ અર્થમાં તો પૃથ્વીપરના સઘળા લોકોના પગ નીચે અને માથાં ઉપર છે, અને ત્યારે કોઇપણ પૃથ્વી ગોળ છે તેમાં પડે શા માટે ?

૮. પૃથ્વીની ગતિ.

૨૮. પૃથ્વીને બે ગતિ છે. ૧. દૈનિક, ૨. વાર્ષિક. દૈનિક ગતિથી દહાડો રાત થાયછે, ને વાર્ષિક ગતિથી વરસો ગણવામાં આવે છે. માટે આપણી પૃથ્વી આપણું મોટું કાળમાન કે ઘડીઆળ છે.

૯. પૃથ્વીની દૈનિક ગતિ.

૨૯. પૃથ્વી પોતાની ધરીપર પશ્ચિમથી પૂર્વ દિશામાં એક ફેરો ૨૪ કલાકમાં અથવા ખરેખરૂં કહીએ તો ૨૩ કલાક ૫૬ મિનિટ ૪ સેકંડમાં ફરી રહેછે તેને પૃથ્વીની દૈનિક ગતિ કહે છે. તેને લીધે દિવસે સૂર્ય, અને રાતે ચંદ્ર તથા તારા, પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી ફરતા દેખાય છે. જેમ આપણે ફેર ફૂદડી ખાતા હોઇએ તો પૃથ્વી ફરતી માલૂમ પડેછે, આપણે વહાણમાં અથવા ગાડીમાં શાંત રીતે ચાલતા હોઇએ તો સામાં ઝાડ અને જમીન આપણી તરફ આવતાં જણાય છે; તેમ પૃથ્વી ફરેછે તેને લીધે સૂર્ય, ચંદ્ર, તારા વગેરે ફરતા જણાય છે.

૩૦. **પૃથ્વીની દૈનિક ગતિની સાબીતિ**—આકાશી પદાર્થો પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી ફરતા દેખાય છે, તેનાં બે કારણ હોઇ શકે. ૧. તેઓ જાતે ફરતા હોય, ૨. આપણી પૃથ્વી પશ્ચિમથી પૂર્વ ભણી ફરતી હોય. આકાશી પદાર્થોને ફરતા માનવા એ પરમેશ્વરની સાદી ચતુરાઇથી ઉલટી વાત છે. કેમકે આકાશી પદાર્થો અસંખ્ય છે. અને તેઓ પૃથ્વીથી એટલે બધે અંતરે રહેલા છે કે તેમને ફરતા માનીએ તો પૃથ્વીની આસપાસ ૨૪ કલાકમાં એક ફેરો પૂરો કરવાને તેમને એક સેકંડમાં કેટલું ચાલવું પડે તેનો સુમાર પણ થઇ શકતો નથી. માટે આકાશી પદાર્થોની આગળ રેતીના કણ જેવી આપણી પૃથ્વી તેના પર રાત્રિ દિવસ કરવાને સઘળા આકાશી પદાર્થોને ફેરવવા એ કેમ મનાય? આપણી આંખને પૃથ્વી સ્થિર લાગવાનું કારણ એ કે જેમ ભમરડો પોતાની આરપર બહુ ઝડપથી ફરતો

હોય તો સ્થિર લાગે છે, તેમ આપણી પૃથ્વી પોતાની ધરીપર બ-હુ ઝડપથી ફરેછે તેથી સ્થિર લાગે છે.

૧૦. રાત્રિ દિવસ.

૩૧. પૃથ્વીની દૈનિક ગતિથી રાત્રિ દિવસ થાય છે. તે સમજવાને એક લીંબુ લઇ તેની વચમાં સળી ઘાલી તેને દીવાની સામું ધરીશું, તો તેના અડધા ભાગપર અજવાળું ને અડધા ભાગપર અંધારૂં પડશે. હવે એ લીંબુ જેમ જેમ સળાપર ફેરવતા જઇશું તેમ તેમ અજવાળાનો ભાગ અંધારામાં ને અંધારાનો ભાગ અજવાળામાં આવતો જશે, અને એક ફેરો પૂરો કરીશું તેટલામાં સઘળા ભાગપર એકવાર અજવાળું ને અંધારૂં આવી જશે. એ લીંબુને બદલે પૃથ્વી અને દીવાને બદલે સૂરજ ધારીએ તો ધરીપર પૃથ્વીના ફરવાથી દરેક દેશમાં અંધારૂં ને અજવાળું કેમ થાય છે તે સમજાશે.

૩૨. પૃથ્વી પોતાની ધરીપર ૨૪ કલાકમાં એક ફેરો ફરી રહે-છે. એ બધો વખત સૂરજ આકાશમાં સ્થિર ને પ્રકાશમાન હોયછે. પરંતુ પૃથ્વીનું જે પાસું સૂરજ તરફ હોય છે તે પર માત્ર અજવાળું ને બીજાપર અંધારૂં હોય છે. જો પૃથ્વી સ્થિર હોત તો જ્યાં અજવાળું ત્યાં અજવાળું ને અંધારૂં ત્યાં અંધારૂં રહેત, પણ પૃથ્વી ફરે છે તેથી વારાફરતી દરેક પાસું અજવાળા ને અંધારામાં આવે છે. જે ઠેકાણે અજવાળું હોય છે ત્યાં દિવસ અને અંધારૂં હોય છે ત્યાં રાત્રિ કહેવાય છે.

૧૧. પૃથ્વીની વાર્ષિક ગતિ.

૩૩. પૃથ્વીના હરકોઇ ભાગમાંથી, ભરતખંડ, ઇગ્લાંડ, અમેરિ-

કા કે આસ્ટ્રેલિઆમાંથી, હમેશાં રાત્રિએ આકાશમાં એક ને એકજ વખતે જોયા કરીશું તો દૃષ્ટિગોચર તારા નિરંતર બદલાતા જણાશે. અને બાર મહિના ગયા કેડે તેને તેજ વખતે તેને તેજ તારા તેને તેજ સ્થળે દેખાશે. તેનું કારણ પૃથ્વી ગાડાના પૈડાની માફક પોતાની ધરીપર ફરીને સૂર્યની આસપાસ એક વરસ (૩૬૫ દિવસ, ૫ કલાક, ૪૮ મિનિટ, ૪૬ સેકંદ) માં ફરી રહે છે તે છે. જો પૃથ્વીને સૂરજની આસપાસ ફરતાં એક વરસથી વધારે કે ઓછો વખત લાગત તો તેટલા વખતમાં તારા તેને તેજ સ્થળે આવત. વર્ષની ઉત્પત્તિ આ પ્રમાણે છે. સૂર્યની આસપાસ ફરવાના માર્ગમાં પૃથ્વીને તેને તેજ સ્થળે પાછા આવતાં જે વખત લાગેછે તેને આપણે વર્ષ કહીએ છીએ.

૩૪. પૃથ્વી જે માર્ગમાં સૂર્યની આસપાસ ફરેછે તેને પૃથ્વીની કક્ષા કહેછે. પૃથ્વીની કક્ષા લંબ ગોળ છે. સૂરજ એ લંબગોળના એક કેંદ્રમાં* હોય છે. પૃથ્વીની કક્ષા એવડી મોટી છે કે તેમાં તે દર સેકંડે ૧૯ મૈલને વેગે ચાલેછે, છતાં એક ફેરો પૂરો કરતાં ૧ વરસ લાગેછે.

૩૫. **પૃથ્વીની વાર્ષિક ગતિની સાબીતિ**—એકાદ વામ દોરીને એક છેડે પથરો બાંધી બીજો છેડો આંગળી વતી ઝાલી મેદાનમાં ઊભા રહી લાંબો હાથ કરી ચકરચકર ફેરવીએ, તો લંગરની

---

* લંબગોળમાં એવાં બે બિંદુ હોય છે કે ત્યાંથી લંબગોળના પરિધમાં હરકોઈ બિંદુ સુધી બે સીધી લીટીઓ દોરીએ તો તે બેનો સરવાળો હમેશાં એકનો એકજ થાય છે. એ બે બિંદુઓને તે લંબગોળનાં કેંદ્ર કહે છે.

દોરી આપણને ખેંચાતી લાગશે, ને નબળી હશે તો લંગર તૂટી વેગળે ઊડી જશે. તેવીજ રીતે પૃથ્વીને બે બળ લાગેલાં છે. ૧. મધ્યોત્સારી, ૨. મધ્યાકર્ષક. પરમેશ્વરે પૃથ્વીને ઘડીને સીધી લીટીમાં જવાનો જે વેગ આપેલો છે તે મધ્યોત્સારી બળછે, અને સૂર્ય પોતાના આકર્ષણે કરીને તેને પોતાની તરફ ખેંચેછે તે મધ્યાકર્ષક બળછે. મધ્યાકર્ષક બળ ન હોત તો પૃથ્વી સીધી લીટીમાં એમનેએમ ચાલી જાત, અને જો મધ્યોત્સારી બળ ન હોતતો પૃથ્વી સૂર્યમાં જઇને પડત. પણ આ બન્ને બળ બરાબર અને કાટખૂણે લાગેલાં છે તેથી પૃથ્વી એકે ગમ ન જતાં વચલે માર્ગે સૂર્યની આસપાસ લંબગોળ માર્ગમાં ફર્યા કરેછે.

૧૨. ઋતુભેદ.

૩૬. પૃથ્વીપર કેટલાક માસ ટાઢ અને કેટલાક માસ તાપ પડેછે, વળી રાત્રિ દિવસની લંબાઇ ઓછી વત્તી થાયછે તેને ઋતુભેદ કહેછે.

૩૭. ઋતુભેદ થવાનાં ત્રણ કારણ છે. ૧ પૃથ્વીની વાર્ષિક ગતિ, ૨ પૃથ્વીની ધરી તેના ક્રાન્તિવૃતની સપાટી સાથે ૬૬½ અંશનો ખૂણો કરેછે, ૩ પૃથ્વીની ધરી તેની વાર્ષિક ગતિમાં સદા પોતાને સમાંતર રહેછે એટલે એકનીએક દિશાભણી રહેછે. આ કારણને લીધે પૃથ્વીનો ઉતર ધ્રુવ એકવાર અને દક્ષિણ ધ્રુવ બીજીવાર સૂર્ય ભણી વળેછે. એટલે ઋતુભેદ થાયછે.

૩૮. જો પૃથ્વીને વાર્ષિકગતિ નહોત, અને ફકત પોતાની ધરીપર ફર્યા કરતી હોત; તો જે ઠેકાણે જેટલો દિવસ ને રાત થતાં હોત, ને તાપ પડતો હોત, તેમ હમેશાં ચાલ્યા કરત.

૩૯. જો પૃથ્વીની ધરી તેના ક્રાન્તિવૃત્તની સપાટીપર લંબરૂપે રહેતી હોત, તો આખી પૃથ્વીપર રાત્રિ દિવસ સમાન રહેત અને વનસ્પતિ તથા પ્રાણી ઉછરી શકત નહિ. પૃથ્વીના મધ્ય ભાગમાં સદા ઉનાળાનો તડકો, ધ્રુવ આગળ સદા સખ્ત ટાઢ, અને વચલા ભાગમાં સદા વસંત ઋતુજ રહેત.

૪૦. જો પૃથ્વીની ધરી તેની વાર્ષિક ગતિમાં સદા પોતાને સમાંતર ન રહેતાં વારંવાર જૂદી જૂદી દિશામાં રહેત, તો ઋતુમાં તો ફેરફાર થાત પણ હમણા જેવો નિયમિત ન થાત.

૪૧. સૂર્યનો પ્રકાશ હમેશાં પૃથ્વીના અડધા ભાગપર પડેછે, એ પ્રકાશની હદ બતાવનાર વર્તુલને **અજવાળાની લીટી** કહેછે.

૪૨. જ્યારે પૃથ્વીનો ઉત્તરધ્રુવ સૂર્ય તરફ નમેલો હોયછે, ત્યારે અજવાળાની લીટીવડે સઘળા અક્ષાંશવૃત્તના વિષમ ભાગ થાયછે. તેમાં ઉત્તરગોળાર્ધના અક્ષાંશવૃત્તનો અર્ધ કરતાં વધારે ભાગ અજવાળાની લીટીમાં આવેછે, માટે ઉત્તર ગોળાર્ધમાં રાત્રિ કરતાં દિવસ લાંબા થાય, અને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં દિવસ કરતાં રાત્રિ લાંબી થાય. જ્યારે પૃથ્વીનો દક્ષિણ ધ્રુવ સૂર્ય તરફ નમેલો હોયછે ત્યારે એથી ઉલટું થાયછે.

તા. ૨૧ મી જ્યુને સૂર્યનું **ઉત્તરાયન** પૂરૂં થાયછે, માટે તે દિવસે ઉત્તર ગોળાર્ધમાં દિવસ મોટામાં મોટો ને રાત્રિ નાનામાં નાની હોયછે; ને તા. ૨૧મી ડીસેમ્બરે સૂર્યનું **દક્ષિણાયન** પૂરૂં થાયછે, માટે તે દિવસે દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં મોટામાં મોટો દિવસ ને રાત્રિ નાનામાં નાની હોયછે.

૪૩. સૂર્ય તા. ૨૧ મી માર્ચે ઉતરાયન મધ્યે, ને તા. ૨૩ મી સ-

પ્ટેંબરે દક્ષિણાયનની મધ્યે હોય છે, એટલે એ બે દિવસે સૂર્ય વિષુવવૃત્તપર હોય છે; તેથી સૂર્ય અને પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુને જોડનારી લીટી સાથે પૃથ્વીની ધરી લંબ થશે, માટે અજવાળાની લીટી વડે દરેક અક્ષાંશવૃત્તના બે સમાન ભાગ થશે, તેણે કરીને એ બે દિવસે આખી પૃથ્વીપર રાત્રિ દિવસ સમાન થશે.

સૂર્ય હરકોઇ સ્થળે હશે, પણ વિષુવવૃત્તના અજવાળાની લીટી વડે બે સમાન ભાગ થશે, માટે વિષુવવૃત્તપર તો બારે માસ રાત્રિ દિવસ સમાન થશે.

૪૪. જેમ સ્થળ વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે અથવા દક્ષિણે હોય છે, તેમ ત્યાં દિવસ વધારે લાંબો અને રાત્રિ વધારે ટૂંકી, અથવા રાત્રિ વધારે લાંબી અને દિવસ વધારે ટૂંકો થાય છે. ઉત્તર ધ્રુવપર તા. ૨૧ મી માર્ચે સૂર્યોદય થાય છે, તા. ૨૧ મી જ્યુને બપોર થાય છે, અને તા. ૨૨ મી સપ્ટેંબરે સૂર્યાસ્ત થાય છે. એટલો બધો વખત દક્ષિણ ધ્રુવપર રાત્રિ હોય છે.

દક્ષિણ ધ્રુવપર તા. ૨૩મી સપ્ટેંબરે સૂર્યોદય, ૨૧મી ડીસેંબરે બપોર, ને ૨૦મી માર્ચે સૂર્યાસ્ત થાયછે. એટલો બધો વખત ઉત્તર ધ્રુવપર રાત્રિ હોયછે. માટે બંને ધ્રુવપર ૭ મહિનાનો દહાડો અને ૭ મહિનાની રાત્રિ થાયછે.[1]

૪૫. એમ રાત્રિ દિવસની લંબાઈ વત્તી ઓછી થાય છે. ઉનાળામાં

---

૧ ધ્રુવપર સૂરજ ઉગ્યા પહેલાં કેટલાએક દિવસ (૨૪ કલાકનો જે દિવસ તે) ઝળઝળું હોયછે, અને સૂરજ આથમ્યા પછી કેટલાક દિવસ રહેછે તેથી, તથા ત્યાં એક મોટા ધુમકેતુ જેવો અરૂણપ્રકાશ પ્રકાશેછે તેને લીધે ત્યાંના લોકોને ઘણો પ્રકાશ મળેછે અને તેઓ સુખમાં રહેછે.

રાત્રિ કરતાં દિવસ લાંબા હોય છે, અને શિઆળામાં દિવસ કરતાં રાત્રિ લાંબી હોય છે. **ઉત્તર ગોળાર્ધમાં** ૨૧ મી માર્ચથી વસંત ઋતુની શરૂઆત થાય છે તેમાં પ્રથમ રાત્રિ દિવસની લંબાઈ સરખી હોય છે. પરંતુ પછી દિવસ વધવા લાગી ૨૧ મી જ્યુને અડધો ઉનાળો થાય છે તે તારીખે દિવસ મોટામાં મોટો ને રાત્રિ નાનામાંનાની હોય છે. પછી દિવસ ઘટવા લાગી ૨૩ મી સપ્ટેંબરે શરદઋતુ બેસે છે તે દિવસે પણ રાત્રિદિવસ સરખાં હોય છે. પછી રાત્રિ ધીમે ધીમે વધવા લાગી ૨૧ મી ડીસેંબરે મોટામાં મોટી હોય છે. આખા વરસમાં એ તારીખે દિવસ ટૂંકામાંટૂંકો હોય છે. ૨૧ મી ડીસેંબર પછી દિવસ વધતો જઇ ૨૧ મી માર્ચે ફરી રાત્રિની બરાબર થાય છે.

દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં ૨૩ મી સપ્ટેંબરે વસંતઋતુ બેસે છે તે દિવસે-રાત્રિદિવસ સમાન હોયછે. પછી દિવસ વધવા લાગી ૨૧ મી ડીસેંબરે અડધો ઉનાળો થાય છે તે તારીખે દિવસ મોટામાં મોટો ને રાત્રિ નાનામાં નાની હોયછે. પછી દિવસ ઘટવા લાગી ૨૧મી માર્ચે શરદઋતુ બેસેછે તે દિવસે પણ રાત્રિદિવસ સમાન હોયછે. પછી રાત્રિ ધીમે ધીમે વધવા લાગી ૨૧મી જ્યુને મોટામાંમોટી હોયછે. આખા વરસમાં એ તારીખે દિવસ ટૂંકામાં ટૂંકો હોયછે. ૨૧મી જ્યુન પછી દિવસ વધતો જઈ ૨૩મી સપ્ટેંબરે ફરી રાત્રિની બરાબર થાયછે.

૪૬. અજ્ઞાન લોકો એમ માને છે કે શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં સૂર્ય પૃથ્વીની વધારે પાસે હોય છે તેથી શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં વધારે તાપ પડે છે. પરંતુ એથી તદન ઉલટું જ છે, એટલે **આપણે** ઉનાળા કરતાં શિઆળામાં સૂર્યની વધારે પાસે હોઇએછીએ. શિઆ

ળા કરતાં ઉનાળામાં વધારે ગરમી પડે છે તેનાં વાસ્તવિક કારણો—

(૧) જે ગોળાર્ધમાં ઉનાળો હોયછે તે ભાગ સૂર્ય તરફ હોયછે તેથી તેનાં કિરણ વધારે સીધાં પડે છે, અને જે ગોળાર્ધમાં શિઆળો હોય છે તે ભાગ સૂર્ય તરફ નથી માટે કિરણ ત્રાંસાં આવે છે. સીધાં કે લંબ કિરણથી તાપ વધારે ને ત્રાંસાથી ઓછો લાગે. કેમકે ત્રાંસાં કિરણની ગરમી વધારે જગામાં પ્રસરે છે તેથી દરેક જગ્યાને ભાગે થોડી ગરમી આવે છે, ને સીધાં કિરણની ગરમી થોડી જગા રોકેછે માટે દરેકસ્થળમાં વધારે ગરમી પડેછે. એ માટે શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં અમુક ભાગપર સૂરજમાંથી વધારે ગરમી આવેછે.

(૨) સૂરજમાંથી આવતાં કિરણની કેટલીક ગરમી વાયુ શોષી લેછે. ત્રાંસાં કિરણ વાતાવરણની ઘણી ઊંડાઈમાંથી આવે છે, ને સીધાં કિરણ વાતાવરણની થોડી ઊંડાઇમાંથી આવે છે, તેથી પણ શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં વધારે તાપ પડે છે.

(૩) ઉનાળામાં દિવસ લાંબા હોવાને લીધે દિવસની ગરમી રાત્રિના થોડા વખતમાં નીકળી ન રહી હોય તેટલામાં બીજા દિવસની ગરમી પડવા માંડે છે. તેથી ઉનાળામાં દિવસે દિવસે તાપ વધતો જાય છે.

આ સિવાય હવાની ગરમીમાં ફેરફાર કરનાર કેટલાંક કારણો છે તે આગળ આવશે.

૧૩. પૃથ્વીનું મહત્વ.

૪૭. ઉત્તર ગોળાર્ધમાં હરકોઈ જગાના અક્ષાંશ કાઢવા વિષે—પૃથ્વીની ગોળાકૃતિને લીધે ધ્રુવનો તારો જેમ જેમ આપણે ઉત્તર તરફ જઈએ છીએ તેમ તેમ ઊંચે આવતો જાય છે. વિષુ-

વૃત્ત આગળ તે ક્ષિતિજમાં ડૂબેલો દેખાય અને ધ્રુવ આગળ બરાબર માથા ઉપર જણાય. ઉત્તરગોળાર્ધમાં હરકોઇ જગાના અક્ષાંશ તે ઠેકાણે ધ્રુવનો તારો જેટલો ઊંચો દેખાતો હોય તેની બરાબર છે, અને તેથી ઉત્તર ગોળાર્ધમાં હરકોઇ જગાના અક્ષાંશ કાઢવા હોય તો ખૂણો માપવાના યંત્ર વડે તે ઠેકાણે ધ્રુવનો તારો કેટલો ઊંચો દેખાયછે તે માપવું એટલે બસ.

૪૮. **અક્ષાંશના એક અંશની લંબાઇ કાઢવા વિષે:—** ઉપર પ્રમાણે એક જગાના અક્ષાંશ કાઢયા પછી એક અંશનો ફેર પડે ત્યાં સૂધી સીધા ઉત્તર કે દક્ષિણમાં જવું. પછી એ બે જગા વચ્ચેનું માપ કાઢવું એટલે એક અંશનું માપ નીકળશે. આ રીતે કાઢતાં પૃથ્વીના એક અંશની લંબાઇ ૬૯.૧ ઇંગ્રેજી મૈલ થાય છે.

૪૯. **પૃથ્વીનો પરિધિ વગેરે કાઢવા વિષે:—** પૃથ્વીના પરિધના એક અંશનું માપ ૬૯.૧ મૈલ છે, અને એ અંશ પૃથ્વીના પરિધનો ૩૬૦ મો ભાગ છે માટે ૬૯.૧×૩૬૦=૨૪૮૭૬ મૈલ પૃથ્વીનો પરિધ જાણવો. પરિધને ૩.૧૪૧૬ એ ભાગવાથી વ્યાસ નીકળે માટે પૃથ્વીનો વ્યાસ ૨૪૮૭૬÷૩.૧૪૧૬=૭૯૧૨ મૈલ લગભગ છે. ગોળાનું પૃષ્ટફળ વ્યાસ અને પરિધના ગુણાકારની બરાબર હોય છે માટે ૨૪૮૭૬×૭૯૧૨=૧૯, ૭૦, ૦૦, ૦૦૦ ચોરસ મૈલ લગભગ પૃથ્વીનું પૃષ્ટફળ છે.

૫૦. **હરકોઈ જગાના રેખાંશ કાઢવા વિષે:—** પૃથ્વી ૨૪ કલાકમાં પોતાની ધારીપર ૩૬૦ અંશ ચાલે છે, માટે આપણી પૂર્વમાં જે લોકો ૧૫ અંશ દૂર રહેછે, ત્યાં સૂર્ય ૧ કલાક વહેલો ઊગે છે, એક કલાક વહેલો માથે આવે છે, અને એક કલાક વહેલો આ-

થયે છે. આ કારણથી તેમના અને આપણા વખતમાં હમેશાં એક કલાકનો ફેર રહેછે. ક્રાનોમિટર નામનું યંત્ર થાય છે તેમાં હમેશાં ગ્રીનિચનો અથવા મુખ્ય યામ્યોત્તરવૃત્તનો વખત માલૂમ પડેછે. એવું યંત્ર જો આપણી પાસે હોય તો તેમાં જે વખત થયો હોય તે તથા આપણે જે ઠેકાણે હોઇએ તે જગાનો વખત એ બેનું અંતર કાઢવું. જેટલા કલાકનું અંતર આવે તેને પંદરે ગુણવાથી આવે તેટલા રેખાંશ જાણવા.

૫૧. રેખાંશ ને અક્ષાંશનો મુકાબલો:—૧. અક્ષાંશવૃત્ત જે નાનાં મોટાં હોય છે તેના ભાગ રેખાંશ છે માટે રેખાંશના અંશ નાના મોટા હોય છે, અને યામ્યોત્તરવૃત્ત જે સઘળાં સરખાં હોયછે; તેના ભાગ અક્ષાંશછે માટે અક્ષાંશના અંશ સઘળા સરખા હોયછે; ૨. રેખાંશ પૃથ્વીના અડધા ભાગ લગી અને અક્ષાંશ પૃથ્વીના ચોથા ભાગ લગી ગણાય છે; ૩. રેખાંશ વિષુવવૃત્તપર અને અક્ષાંશ યામ્યોત્તરવૃત્તપર ગણાય છે.

૧૪ ચંદ્રની કળા.

૫૨. ચંદ્રની કળા સમજવાને સારૂ એક મહિના સૂધી આપણે ચંદ્રનું અવલોકન કરવું જોઇએ. પ્રથમ આપણે શુદ બીજથી જોવું શરૂ કરીએ. શુદ બીજને દિવસે ચંદ્ર સાંજે સૂરજથી જરા ઊંચે ઊગેલો માલૂમ પડશે ને ચાર ઘડી રાત્રે આથમી જતો દેખાશે, ત્રીજને દિવસે સાંજે તે કરતાં ઊંચો ઊગેલો માલૂમ પડશે ને ૭ ઘડી રાત્રે આથમી જતો દેખાશે. સાતમ આઠમે સાંજે માથે ઊગશે ને મધ્યરાત્રિએ આથમી જશે, અને પૂનમે સાંજે છેક પૂર્વમાં ચંદ્ર ઊગશે ને આખી રાત અજવાળું આપી સૂર્યોદય વખતે અસ્ત પામતો

દેખાશે. વદ પખવાડીઆમાં જોઇશું તો તે હમેશાં એકને એક ઠેકાણે પૂર્વમાં ઊગી સૂર્યોદય વખતે અસ્ત પામતો દેખાશે, પણ તેનો ઊગવાનો વખત હમેશાં બદલાતો જણાશે. વદ બીજે બે ઘડી રાત્રે, વદ ત્રીજે છ ઘડી રાત્રે, એમ હમેશાં બબ્બે ઘડી મોડો ઊગતો જણાશે. ટૂંકામાં શુદ પખવાડીઆમાં ઊગવાનું ઠેકાણું અને વદ પખવાડીઆમાં ઊગવાનો વખત બદલાય છે, તેનું શું કારણ તે આપણે તપાશીએ.

૫૩. ચંદ્ર ઊગતો અને આથમતો જણાય છે તે કાંઈ પોતાની ગતિને લીધે નથી પણ પૃથ્વીની દૈનિક ગતિને લીધે છે. પરંતુ શુદ પખવાડીઆમાં દરરોજ તેનું ઊગવાનું ઠેકાણું પશ્ચિમમાંથી પૂર્વમાં જતું દેખાય છે તે કાંઇ પૃથ્વીની ગતિને લીધે હોઇ શકે નહિ, તે તો તેની પોતાની ગતિને લીધે છે. એ પ્રમાણે ચાલીને ચંદ્ર પૃથ્વી પ્રદક્ષિણા એક માસમાં પૂરી કરે છે. ૧ આજ કારણને લીધે તે હમેશાં વદ પખવાડીઆમાં મોડો મોડો ઊગતો દેખાય છે, કેમકે તે હમેશાં પૂર્વમાં ક્ષિતિજની નીચે આઘો આઘો જતો જાય છે, માટે ક્ષિતિજની ઉપર આવતાં વાર લાગે છે. પૃથ્વીની દૈનિક ગતિને લીધે તે ક્ષિતિજની ઉપર આવેછે.

૫૪. વળી શુદ પખવાડીઆમાં જોઇશું તો ચંદ્ર દરરોજ કદમાં વધતો જાય છે. શુદ બીજે તાંતણા જેવો, સાતમ આઠમે અર્દ્ધો, બારસ તેરસે પોણો, ને પૂનમે પૂરો દેખાયછે; વદ પખવાડીઆમાં

---

૧ ચંદ્ર એ આપણી પૃથ્વીનો ઉપગ્રહ છે, તેના કરતાં પૃથ્વી ૪૯ ગણી મોટી છે. જે કારણોને લીધે પૃથ્વી સૂર્યની આસપાસ ફરે છે, તેજ કારણોને લીધે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરે છે. (કલમ ૩૫ મી જુઓ.)

તેનું કદ ઘટતું જાય છે. વદ ચોથે પોણો, સાતમ આઠમે અર્દ્ધો, બારસ તેરસે પા, ને અમાસે મુદ્દલ દેખાશે નહિ. આ પરથી માલૂમ પડે છે કે ચંદ્રમાં તેની જાતનું તેજ નથી, કેમકે જો તેની જાતનું તેજ હોત તો સૂર્યની માફક તેનું બિંબ હમેશાં ગોળ દેખાત. હવે ચંદ્રની પ્રકાશિત બાજુ હમેશાં સૂર્યભણી રહે છે. શૂદ પખવાડીઆમાં ચંદ્રની પશ્ચિમની કોર ને વદ પખવાડીઆમાં ચંદ્રની પૂર્વની કોર પ્રકાશિત હોય છે, તેથી આપણી ખાત્રી થાય છે કે ચંદ્રપર સૂર્યનુંજ તેજ પડે છે.

૫૫. ચંદ્ર જાતે પરપ્રકાશિત છે એટલે સૂર્યના તેજવડે પ્રકાશે છે, અને પૃથ્વીની આસપાસ ફરે છે આ બે કારણને લીધે ચંદ્રની કળા થાય છે એટલે તેના રૂપમાં ફેરફાર થાય છે. હમેશાં સૂર્યનું તેજ તો તેના અર્દ્ધ ભાગ પર પડે છે, પણ એમાંનો જેટલો ભાગ આપણી તરફ હોયછે તેટલો આપણે જોઇ શકીએ છીએ, ને બાકીનો ભાગ કાળો દેખાય છે. અમાસને દિવસે પૃથ્વી ને સૂર્યની વચ્ચે ચંદ્ર હોય છે તેથી ચંદ્રનો પ્રકાશિત ભાગ બધો સૂર્ય તરફ હોય છે માટે આપણે ચંદ્રને બિલકુલ જોઇ શકતા નથી. શૂદ બીજને દિવસે તે જરા પૂર્વ ભણી ખસે છે એટલે પ્રકાશવાળા ભાગની કોરણ માત્ર દેખાય છે, સાતમ આઠમે પ્રકાશિત ભાગમાંનો અર્ધો જણાય છે. પૂનમે ચંદ્ર અને સૂરજની વચ્ચે પૃથ્વી આવે છે માટે અજવાળાનો તમામ ભાગ આપણને દેખાય છે. પૂનમને દિવસે સૂર્ય અને ચંદ્રની વચ્ચે ઘણામાં ઘણું છેટું હોયછે. ત્યાર પછી તે પાછો સૂર્યની ભણી ચાલતો જાય છે એટલે પ્રકાશિત ભાગમાંથી થોડો ભાગ ખાંડો જણાય છે. વદ ચોથે પોણો, સાતમ આઠમે અર્દ્ધો, બારસ તેરસે પા, ને અમાસે મુદ્દલ દેખાશે નહિ.

૧૫. ગ્રહણો.

૫૬. ગ્રહણો ચંદ્રની ગતિને લીધેજ થાયછે.—પૃથ્વી અને ચંદ્ર અપારદર્શક ગોળા છે. તે સૂર્યના તેજથી પ્રકાશેછે, માટે તેમના અર્દ્ધા ભાગ પ્રકાશિત થાયછે, ને અર્દ્ધા ભાગનો આકાશમાં શંકવાકાર પડછાયો પડેછે. એ એકના પડછાયામાં બીજો પદાર્થ આવેછે ત્યારે ગ્રહણ થયું એમ કહેવાયછે.

૫૭. ચંદ્રગ્રહણ:—આપણા સૂર્યમંડળની વચ્ચે સૂર્યછે, તેની આસપાસ પૃથ્વી ફરેછે, ને પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર ફરેછે. જ્યારે સૂર્ય અને ચંદ્ર એ બેની વચ્ચે પૃથ્વી આવેછે ત્યારે પૃથ્વીની છાયામાં ચંદ્ર પેસેછે તેથી ચંદ્રગ્રહણ થાયછે. પૃથ્વી ગોળછે માટે પૃથ્વીની છાયા હમેશાં ચંદ્રપર ગોળાકાર પડેછે.

૫૮. ચંદ્રગ્રહણ હમેશાં પૂનમેજ થાયછે કેમકે ચંદ્ર અને સૂર્યની વચ્ચે પૃથ્વી પૂનમેજ આવી શકે. જો સૂર્ય, ચંદ્ર અને પૃથ્વી હમેશાં એકજ સપાટીમાં હોત તો ચંદ્રગ્રહણ દર પૂનમેજ થાત. પરંતુ ચંદ્રની કક્ષાની સપાટી પૃથ્વીની કક્ષાની સપાટી સાથે ૫°નો ખૂણો કરે છે માટે દર પૂનમે ચંદ્ર ગ્રહણ થતાં નથી. જે પૂનમે ચંદ્ર, સૂર્ય, અને પૃથ્વી એક સપાટીમાં આવી જાય છે તે પૂનમેજ ચંદ્ર ગ્રહણ થાય છે.

૫૯. ચંદ્ર ગ્રહણ બે જાતનાં થાય છે. ૧ ખગ્રાસ, ૨ ખંડિત. જ્યારે સૂર્ય, પૃથ્વી, ને ચંદ્રનાં મધ્ય બિંદુ એક સીધી લીટીમાં આવેછે ત્યારે ખગ્રાસ ગ્રહણ થાય છે, પણ સૂર્ય અને પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુને સાંધનારી લીટીમાં ચંદ્રનું મધ્ય બિંદુ ન આવતાં એનો કોઇ ભાગ આવેછે ત્યારે તેનું ખંડિત ગ્રહણ થાય છે. ચંદ્રનું કંકણાકૃતિ ગ્રહણ થતું

નથી કેમકે ચંદ્ર પૃથ્વી કરતાં નાનો છે.

૬૦. ગ્રહણ થવા માંડે તેને સ્પર્શકાળ, ને થઇ રહે તેને મોક્ષ કાળ કહે છે. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફરેછે માટે ચંદ્ર ગ્રહણ ચંદ્રના બિંબની પૂર્વ તરફથી લાગવા માંડેછે ને પશ્ચિમ તરફથી મૂકાઇ રહે છે.

૬૧. ચંદ્ર ગ્રહણ જે જે ઠેકાણે રાતે ગ્રહણ થતી વખતે ચંદ્ર દીઠામાં આવે છે તે બધી જગોએ દેખાય છે. પરંતુ સર્વ દેશમાં એકી વખતે દેખાતું નથી. પશ્ચિમ દેશના લોકોને જેમ સૂર્યોદય મોડો જણાય છે તેમ ચંદ્ર ગ્રહણ પણ મોડું જણાય છે.

૬૨. **સૂર્ય ગ્રહણઃ**—જ્યારે સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે ચંદ્ર આવે છે ત્યારે ચંદ્રની છાયાને લીધે પૃથ્વીના કેટલાક ભાગના લોકને સૂર્ય દેખાતો નથી તેથી ત્યાં સૂર્ય ગ્રહણ થયું એમ કહેવાય છે.

૬૩. સૂર્યગ્રહણ હમેશાં અમાસેજ થાયછે કેમકે પૃથ્વી અને સૂર્યની વચ્ચે ચંદ્ર અમાસેજ આવી શકે. પરંતુ દર અમાસે સૂર્યગ્રહણ થતુ નથી, કેમકે દરઅમાસે પૃથ્વી, સૂર્ય, અને ચંદ્ર સીધી લીટીમાં ન આવતાં ચંદ્ર ૫° ઊંચો અગર નીચો રહી જાયછે.

૬૪. સૂર્યગ્રહણ ત્રણ જાતનાં થાયછે. ૧. ખગ્રાસ, ૨. કંકણાકૃતિ, ૩. ખંડિત. જ્યારે સૂર્ય,ચંદ્ર, અને પૃથ્વી એ ત્રણેનાં મધ્યબિંદુ એક સીધી લીટીમાં આવેછે ત્યારે સૂર્યગ્રહણ ખગ્રાસ કે કંકણાકૃતિ થાયછે. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ લંબગોળ કક્ષામાં ફરેછે તેથી તે કોઇ વખત પૃથ્વીની પાસે ને કોઇ વખત છેટે હોયછે. જ્યારે પૃથ્વી અને ચંદ્ર વચ્ચેનું અંતર ઓછું હોયછે ત્યારે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વીપર પહોંચી શકે છે તેથી ખગ્રાસ ગ્રહણ થાય છે, અને જ્યારે પૃથ્વી અને ચંદ્ર વ-

ચ્ચેનું અંતર વધારે હોય છે ત્યારે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વીપર પહોંચી શકતી નથી તેથી કંકણાકૃતિ ગ્રહણ થાયછે. જ્યારે પૃથ્વી અને સૂર્યના મધ્યબિંદુને સાંધનારી લીટીમાં ચંદ્રનું મધ્યબિંદુ ન આવતાં ચંદ્રનો કોઇ ભાગ આવેછે ત્યારે સૂર્યનું ખંડિત ગ્રહણ થાયછે.

૬૫. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફરે છે માટે સૂર્યગ્રહણ સૂર્યના બિંબની પશ્ચિમ તરફથી લાગવા માંડી પૂર્વ તરફથી મૂકાઇ રહે છે.

૬૬. સૂર્યગ્રહણ પૃથ્વીના થોડા ભાગના લોકોનેજ જણાય છે, બધે દેખાતું નથી, કેમકે ચંદ્રની છાયા બધી પૃથ્વીને ઢાંકે એવડી મોટી નથી. સૂર્યનું ખગ્રાસ ગ્રહણ બધા લોકોને ખગ્રાસ દેખાતું નથી, વચલા ભાગના લોકોને ખગ્રાસ ને બાજુપર ખંડિત દેખાયછે.

૬૭. વરસમાં ઓછામાં ઓછાં બે ને વધારેમાં વધારે ૭ ગ્રહણ દેખાય. ૭ માં ચાર સૂર્યનાં અને ત્રણ ચંદ્રનાં, અથવા પાંચ સૂર્યનાં અને બે ચંદ્રનાં ગ્રહણ થાયછે, વળી ૧૮ વર્ષ અને ૧૧ દિવસે બરાબર પહેલાંની માફકજ ફરીથી ગ્રહણ થાયછે. પણ તે પૃથ્વીપર બધે દીઠામાં આવતાં નથી.

ભૂતળવિદ્યા.

વાતાવરણ.

૬૮. પૃથ્વી સઘળી બાજુએ વાથી ઘેરાએલીછે, વાના આ બહારના આવરણ એટલે ઢાંકણને **વાતાવરણ** કહેછે.

૬૯. વામાં ભાર છે. ઉપલો વા નીચલા વાને દાબેછે, તેથી સંકોચ પામી નીચલો વા જાડો થાયછે. સૈાથી હેઠળનો વા બહુ જાડોછે, ને જેમ જેમ ઉપર જઇએ તેમ તેમ પાતળો વા આવતો જાય

છે. એવી ગણુતરી કરવામાં આવી છે કે **વાતાવરણુની ઊંચાઇ** ૪૫ મૈલછે. સમુદ્રની સપાટીપરના **વાતાવરણુનેા ભાર** એક ચેારસ ઇંચ જગાપર ૧૪ાા શેર છે.

૭૦. શુદ્ધ વાતાવરણુમાં ૧૦૦ ભાગે ૨૦.૯ ભાગ ઓક્સિજન, ૭૮.૯૫ ભાગ નાઇટ્રોજન, .૦૪ ભાગ કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસ, અને બાકીના .૧૧ ભાગમાં પાણીની વરાળ, આમેાનિયા વગેરે હેાયછે. હવા જ્યારે બગડે છે ત્યારે તેમાં કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસનેા વધારેા થાયછે.

૭૧. **વાતાવરણુના ફાયદા**—૧. એના વગર પ્રાણી ને વનસ્પતિ જીવી શકે નહિ, ૨. સૂર્યના અજવાળા ને ગરમી ને ફેલાવે છે, ૩. વા વડે શબ્દ થાયછે, ૪. સૂર્યના તાપથી પાણીની વરાળ થાય છે તેને ઊંચે લઈ જાયછે, ને પાછી ઝાકળ, વરસાદ, કરા કે બરફના આકારમાં પૃથ્વીપર લાવેછે, ૫. દરિઆમાં મેાજાં થાયછે, ૬. દરિઆઈ વહન ચલાવવામાં એ બહુ મદદ કર્તાછે તેથી વેપારની સુગમતા થાયછે, ૭. પવન ચક્કીઓ ચાલેછે.

૭૨. ગતિ વાળી હવાને **પવન** કહેછે. તેનેા વેગ ૧ કલાકમાં ૧ મૈલથી માંડી ૧૦૦ મૈલનેા હેાયછે. ૧ મૈલનેા વેગ હેાય તે તેા આપણુને ભાગ્યેજ માલૂમ પડે, પણુ ૧૦૦ મૈલનેા વેગ હેાયછે ત્યારે તેા મેાટાં તેાફાનેા થાયછે.

૭૩. **પવન થવાનું કારણુ જૂદી જૂદી ગરમી છે.** ઉષ્ણુ કટિબંધમાં તાપ વધારે પડવાથી ત્યાંની હવા પાતળી થઇ ઊંચે જાયછે, ને તે જગાએ ઉત્તર અને દક્ષિણુમાંથી પવન ધશી આવેછે. તેનેા વેગ ઉત્તર ગેાળાર્ધમાં ઉત્તરમાંથી ને દક્ષિણુ ગેાળાર્ધમાં દક્ષિણુમાંથી

આવવાનો હોયછે. પરંતુ પૃથ્વીની દૈનિક ગતિને લીધે ઉત્તર ગોળાર્ધમાં ઇશાનનો, ને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં અગ્નિ ખૂણાનો વેગ થાયછે. આ પવનથી પશ્ચિમ તરફની મુસાફરી સહેલ થાયછે માટે તેને **વ્યાપાર વાયુ** કહેછે. હિંદી મહાસાગરના કાંઠાના મૂલકમાં **મોસમનો પવન** વાયછે. તેનો વેગ શિઆળામાં વ્યાપાર વાયુ જેવોજછે પણ ઉનાળામાં બદલાઇ ઉત્તર ગોળાર્ધમાં નૈઋત્યનો અને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં વાયવ્યનો થાયછે. આ પવન તે મૂલકમાં વરસાદને લાવેછે. સમશિતોષ્ણ ને શીતકટિબંધમાં **સ્વચ્છંદવાહી** પવન વાયછે, તે થવાનાં કારણો અનેક હોયછે માટે તેવો પવન વાયછે. પવન જ્યારે ગોળ ચક્કર ચક્કર ફરતો ચાલ્યો જાયછે ત્યારે તેને **વંટોળીઓ** કહેછે. ધૂળના વંટોળીઆને **આંધી** કહેછે.

૭૪. **દરિઆઈ અને જમીનની લહેર**—એ ઘણું કરીને દરિઆ કિનારાના મૂલકોમાં, તેમાં વિશેષે કરીને ઉષ્ણ કટિબંધમાં વધારે થાયછે. તે જમીન અને પાણીમાં ગરમી શોષણ કરવાની શક્તિ જૂદી જૂદી છે તેને લીધે થાયછે. દિવસે પાણી કરતાં જમીન વધારે તપવાથી તે પરનો વા તપી હલકો થવાથી ઊંચો ચડેછે, અને તેને ઠેકાણે સાંજે દરિઆનો ઠંડો પવન આવેછે તે દરિઆઇ લહેર કહેવાય. રાત્રે એથી ઉલટું બનેછે. એટલે જમીન જલદી ટાઢી પડેછે ને દરિઓ જલદી ટાઢો પડતો નથી. માટે દરિઆનો વા ઊંચો ચઢેછે તેની જગા પૂરવાને પરોડમાં જમીનનો પવન ત્યાં જાયછે તે જમીનની લહેર કહેવાય. બપોર અને મધરાત પછી થોડો વખત બંને ઠેકાણે સરખી ગરમી હોવાથી એ લહેરો બંધ પડેછે, ને પછી બીજી જાતની લહેરો શરૂ થાયછે.

૭૫. **બાષ્પભવન**—સૂર્યના તાપથી મહાસાગર, સાગર, નદી, સરોવર વગેરેના પાણીની વરાળ થાય છે, તેને બાષ્પભવન કે વરાળ થવું કહેછે. રાત કરતાં દિવસે, અને શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં વધારે બાષ્પભવન થાય છે, કેમકે વાતાવરણ જેમ ગરમ હોય તેમ તેં વધારે વરાળ રાખી શકે છે. ઉદાહરણ- સડકોપર પાણી છંટાય છે તે શિઆળા કરતાં ઉનાળામાં ઝટ સૂકાય છે.

ઝાકળ, ધુમસ, વાદળાં.

૭૬. **ઓસ** અથવા **ઝાકળ**—સંધ્યાકાળે કે રાતે ઘાસ, પાંદડાં, પહાણા વગેરે વસ્તુઓ પર હવામાંની વરાળ ઠરી તેનાં ટીપાં બંધાય છે તેને ઝાકળ કહે છે.

૭૭. કારણ—બરફનો એક મોટો કડકો આણી તેને ભાગી નાના કડકા કરી કાચના નાના પ્યાલામાં મથાળા સૂધી ભરી છાંયડામાં રાખી મૂકીશું તો કાચનો પ્યાલો ઝટ શીતળ થઈ જશે, ને ક્ષણવાર તેનું બહારનું પાસું કોરૂં રહેશે. પછી તે વેળાની હાલત પ્રમાણે જરા ઓછી કે વધતી વાર કોરૂં રહી તેનું ચળકતું પૃષ્ટ ઝાંખું થશે ને તે વેળાએ આપણી આંગળી તેને લગાડી જોઇશું તો તે ભીનું માલૂમ પડશે, પછી થોડીવારમાં ત્યાં પાણીનાં ટીપાં થશે. એ પાણી કાંઈ કાચમાંથી આવતું નથી પણ વામાંની અદૃશ્ય વરાળનું બને છે તેમ દિવસે પૃથ્વી ને વા સૂર્યની ગરમીથી તપે છે. વા ગરમ થવાથી સઘળી ભીનાશવાળી જગામાંથી ભીનાશ ચૂસાઇ વામાં એકઠી થાયછે. રાત્રે તે બંને પોતાની ગરમી પાછી આપે છે, પણ પૃથ્વીનું પૃષ્ટ વહેલું ટાઢું પડે છે. એ ઠંડા પૃષ્ટને વાતાવરણ અડકવાથી તે પણ ઠંડું થાય છે. જ્યારે જમીનની પાસેનો વાતાવરણનો થર અતિસેચન

બિંદુથી વધારે ટાઢો થાયછે ત્યારે તેમાંની વરાળનાં ઘાસ, પાંદડાં, પહાણા વગેરે વસ્તુઓપર ટીપાં બંધાય છે તેને ઝાકળ કહે છે.

૭૮. વાદળાં વગરની રાતે ઝાકળ વધારે પડે છે કેમકે પૃથ્વી માંથી નીકળતી ગરમીને આકાશમાં જતાં કોઇ રોકતું નથી. તેથી તે ઝટ ટાઢી પડે છે. વળી ચળકતાં કરતાં ખરબચડાં પૃષ્ટમાંથી ગરમી વહેલી નીકળી જાય છે માટે ધાતુ કરતાં ઘાસ, પાંદડાં, અને પહાણાપર વધારે ઝાકળ પડે છે.

૭૯. **ધૂમસ**—પૃથ્વી તરફ પડતાં વાદળાંને ધૂમસ કહેછે.

૮૦. **કારણ**—પૃથ્વીની સપાટીપરના વાતાવરણની ગરમી તેમાં રહેલી વરાળની ગરમી કરતાં ઓછી થાય છે ત્યારે વરાળ સંકોચન પામી નીચે ઊતરે છે. વાતાવરણ ઝાકળનાં ટીપાં બંધાવાને જેટલું ઠંડું જોઇએ તેટલું ન હોય તો ધૂમસ વરસેછે,

૮૧. પર્વતનાં શિખરપર ધૂમસ વધારે પડે છે કેમકે શીતળ પર્વતનાં શિખરપર ઉનો ભેજવાળો પવન વાય છે ત્યારે શિખરના સ્પર્શથી તે ટાઢો પડે છે અને તેથી તેમાંની વરાળ, ધૂમસ કે વાદળાં રૂપે દેખાવ દે છે. જેમ જેમ ચડતો પહોર થાય છે તેમ તેમ સૂર્યના તાપથી પહાડની જમીન તપેછે તેથી હવા ગરમ થઇ તેમાં વરાળ શોષાઇ જાય છે. વળી રાત પડે છે ને જમીનની ગરમી બહાર નીકળી તે ઠાઢી પડે છે તે વખતે વાયુમાં વાદળું બંધાવા જેટલી વરાળ હોય તો ધૂમસ બનેછે.

ઉપર પ્રમાણે ટાઢી જમીન ગરમ વામાંની વરાળનું સંકોચન

× વાતાવરણની જેટલી ગરમીએ તેમાંની વરાળનું વાદળું થાય છે તે ગરમીને અતિસેચન કે ઝાકળ બિંદુ કહે છે.

કરે છે, તેમ ટાઢો વા પણ ગરમ વામાંની વરાળનું સંકોચન કરેછે. સૂરજ આથમ્યા પછી નદીના પાણી કરતાં તેના કાંઠાની જમીન જલદી ટાઢી પડેછે. તે કાંઠાપરનો વા, પાણીપરના વા કરતાં જલદી ટાઢો પડેછે; તે પાણીપરના ગરમ વાને ઠેકાણે જાય છે ત્યારે પાણીપરના ગરમ પવનને ઠંડો પાડી તેમાંની વરાળની ધૂમસ બનાવેછે. નદીપર એ ધૂમસ રાત્રે અને પરોઢીએ ઘણીવાર જણાયછે.

૮૨. **વાદળાં**—જમીનપર વરાળનું જેટલું સંકોચન થાય છે તેના કરતાં વધારે સંકોચન વાતાવરણમાં થાય છે. જે વાદળાં આપણે નિત્ય જોઇએ છીએ તે વરાળનાસંકોચાવાથી થાય છે. સૂર્યના તાપથી પૃથ્વી પરના પાણીની વરાળ થાય છે. તે ઉના વા સાથે ઊંચે ચઢેછે,એ વા ઊંચે ચઢેછે તેમ તેમાંની ઉષ્ણુતા ઘટે છે તેથી, તથા વાતાવરણના વધારે શીતળ વાના થરનો સમાગમ થવાથી સઘળી વરાળ તે રાખી શકતો નથી. જે વરાળ તેનાથી રાખી શકાતી નથી તે વધારાની વરાળને તે છોડી દે છે. તેના સંકોચાવાથી ધૂમસ બને છે તેજ વાદળું.

વાદળાં બે જાતનાં છે. ૧ કાળાં, ૨ ભૂરાં. કાળાં વાદળાં વધારે ઘટ્ટ ને પૃથ્વીની નજીક હોય છે, ભૂરાં વાદળાં થોડાં ઘટ્ટ ને પૃથ્વીથી છેટે હોય છે.

વરસાદ અને બરફ.

૮૩. વરાળનાં વાદળાં બનેછે તે કોઇવાર અદૃશ્ય વરાળ બનેછે, પણ ઘણીવાર તો તેનો વરસાદ કે બરફ બની પૃથ્વીપર પડેછે.

૮૪. **વરસાદ**—જ્યારે વાદળાં ઘટ્ટ થઇને પ્રવાહીરૂપે વાતાવરણમાંથી પૃથ્વીપર પડેછે, ત્યારે તેને વરસાદ કહેછે.

૮૫. **કારણ**—જ્યારે જૂદી જૂદી ગરમીવાળા પણ વરાળથી સંપૂર્ણ મિશ્રિત વાતાવરણના બે જથા એકઠા થાયછે, ત્યારે બધા વાતાવરણની ગરમી ઓછી થાયછે, તેની સાથે તેનામાં વરાળ રાખવાની શક્તિ પ્રમાણ કરતાં વધારે ઘટી જાયછે, માટે કેટલીક વરાળ છૂટી પડી તેનાં ફોરાં બંધાયછે. એ ફોરાંનો ભાર હવા ઝીલી શકતી નથી તેથી તે વરસાદનાં ફોરાં રૂપે નીચે પડેછે.

૮૬. અમુક ઠેકાણે કેટલો વરસાદ પડવો જોઇએ તે નક્કી કરવાનાં મુખ્ય છ સાધન છે. ૧. વિષુવવૃત્તથી અંતર, કેમકે ઘણામાંઘણી વરાળ વિષુવવૃત્તપર થાયછે ને ત્યાંથી જેમ દૂર જઇએ તેમ વરાળ અને વરસાદ ઓછો થાયછે; ૨. પવનની દિશા અને જાત, કેમકે વરાળને એક ઠેકાણેથી બીજે ઠેકાણે લઇ જનાર પવન છે; ૩. તે જગાનું ઊંચાણ, કેમકે નીચાણમાં ગરમી વધારે હોવાથી વરાળ વધારે બને ને ઊંચાણમાં ઓછી બને; ૪. તે મૂલક પહાડી છે કે મેદાન, કેમકે પહાડી મૂલકમાં વાદળાં પર્વતને અથડાઇ ઊંચે જઇ ઠંડાં પડી પૃથ્વીપર પડેછે; ૫. તે દરિઆ કિનારે છે કે દેશના વચલા ભાગમાં છે, કેમકે દરિઆ કિનારે વધારે વરાળ થવાથી વધારે વરસાદ આવેછે; ૬. જંગલો, કેમકે વનસ્પતિનાં મૂળ જમીનમાંનો ભેજ શોષી પાંદડાં વાટે બહાર કાઢેછે તેથી ત્યાંની હવામાં ભેજ વધારે હોયછે માટે વરસાદ વધારે પડેછે, વળી ત્યાં જે વાદળાં આવે છે તે ત્યાં સ્થિર થઇ ઊંચે ચડી ઠંડાં પડી વરસાદરૂપે નીચે આવેછે.

૮૭. વ્યાપાર વાયુ અને મોસમના પવનના પ્રદેશમાં તેમાં વિશેષે કરીને મોસમના પવનના પ્રદેશમાં વરસાદ નિયમિત વખતે આવેછે, બીજા મૂલકમાં વરસાદ બારે માસ આવેછે પણ કૂલ વરસાદ

થેાડેા આવેછે. કેટલાક ભાગમાં વરસાદ બિલકુલ આવતેા નથી, કેમકે ત્યાં વાદળાંને આવવાનેા લાગ નથી અને જે થેાડાં આવેછે તે વાતાવરણની અત્યંત ગરમીમાં ચૂસાઇ જાયછે. તે દેશેા—સહરાનું રણ, મિસર, અરબસ્તાન, ઇરાન, મેાંગેાલિઆ, ટિબેટ, હિંદુસ્તાનમાં સિંધ ને વિકાનેર.

૮૮. **હિમ અથવા બરફ**—ઝાકળ કે વરસાદ સિવાય વળી વાદળાંનું પાણી ત્રીજેરૂપે પણ પૃથ્વીપર મસ પડેછે. પાણી ઠરે એટલી ટાઢ હેાયછે ત્યારે વરસાદનાં ફેારાંને ઠેકાણે હિમકણ એટલે બરફનાં ફૂલ વરસેછે. ફૂલ બરફ બારણે વરસે તેમાંથી થેાડું ઘેર લાવેથી ઝટ એાગળી જાયછે. એ પાણી ઉઘાડું મૂકી છાંડેથી વરાળ થઇને ઊડી જાયછે. બરફ, પાણી, ને વરાળ એ ત્રણે એકજ પદાર્થનાં ત્રણ જૂદાં જૂદાં રૂપ છે. પાણીનાં ઘન, પ્રવાહી, ને વાયુ એ ત્રણ રૂપ છે. બરફ તે ઘન, પાણી તે પ્રવાહી, અને વરાળ તે વાયુરૂપ છે.

૮૯. આપણા દેશમાં બહુ ટાઢ પડતી નથી માટે બરફનાં ફૂલરૂપે વરસાદ વરસતેા નથી. આપણા બજારમાં જે બરફ વેચાયછે તે આકાશમાં થયેલું ફૂલબરફ નથી પણ જમીનપર બંધાયેલું ગચ્છી બરફ છે. બહુ ટાઢ પડે છે ત્યારે કેટલેક ઠેકાણે તળાવેાના પાણીપર રાત્રે ગચ્છી બરફની પેાપડી બાઝે છે. તે કઠણ, પારદર્શક ને ભગરી હેાય છે. ટાઢ જારી રહેવાથી નવા થર બાઝેછે ને બરફ બનેછે. બરફના ત્રણ ભેદછે. ફૂલ બરફ, ગચ્છી બરફ, ને કરા. અમુક ઉષ્ણતામાન કરતાં પાણી વધારે શીતળ થાય છે ત્યારે તેનું બરફ બંધાયછે એ ઉષ્ણતા માનને **હિમબિંદુ** કે **ઠારબિંદુ** કહેછે.

૫૦. **ફૂલબરફ વરસવાનું કારણ**—બરફના નાના કડકા કાચના પ્યાલામાં ભરી તેમાં મીઠું નાખી ઉતાવળે હલાવી ભેળસેળ કરવાથી કાચનો પ્યાલો વધારે શીતળ થાયછે, ને તેને બહારને પાસે વાતાવરણમાંની વરાળનું ઘનીકરણ થશે. પાણીનાં નાનાં બિંદુ કે ટીપાંમાં નહિ પણ ઝીણા ઘનરેસા રૂપમાં થશે, તેવીજ રીતે વાતાવરણના ઉપલા થર પાણીના હિમ બિંદુ કરતાં વધારે શીતળ હોય છે તેમાં પૃથ્વીના પૃષ્ટથી ઊંચે ચઢતી ગરમ વરાળ ઠરી વરસાદ બનતો નથી પણ પાધરૂં બરફ બને છે. નાની બરફની સળીઓના એકઠા થવાથી બરફનાં ફૂલ બંધાયછે, અને પછી તે નીચે પડેછે.*

૫૧. **કરા**—વરસાદની જોડે હિમના ગાંગડા વરસેછે તેને કરા કહેછે. કોઇવાર તેઓ નાના કાંકરા જેવડા હોયછે અને કોઇવાર મોટા કાંકરા કે પથરા જેવડા હોયછે. મોટા હોય તો ઝાડોને અને ખે-

---

* પંજાબના ઉત્તર ભાગમાં કોઇવાર થોડો ફૂલબરફ વરસેછે તે સિવાય ભરતખંડના બીજા કોઈ ભાગમાં વરસતો નથી, તે હિમાલયની દક્ષિણે આવેલા કોઇ પર્વતોપર વરસતો નથી, કેમકે ત્યાં એને જોઈએ તેટલી ટાઢ પડતી નથી. પણ હિમાલયનાં ઊંચાં શિખરોપર તે પુષ્કળ વરસે છે, અને તેથી તેઓ ધોળાં દીસેછે. એ હિમ ઘણું હલકું છે, ને વરસેછે ત્યારે રૂનાં ગાભલાં જેવું દેખાયછે. ઓગળે છે કે પવનથી ખસી તેના ઢગલા થાયછે ત્યાં સૂધી જ્યાં વરસેછે ત્યાંજ પડી રહેછે. યૂરોપમાં શિઆળામાં એમ જમીનપર હિમ એકઠું થઇ કેટલાક ફૂટનો તેનો થર બને છે. અને સખ્ત શિઆળામાં એવા થરના ધશી આવવાથી ધરો દટાઈ જાયછે. ઊંચા પર્વતોપર અને ખીણોમાં બરફનો જમાવ ભારે થાયછે, એ ઢગલા કે પડની ઉડાઇ સેંકડો ફૂટ હોયછે. એવા મોટા હિમ સમુદાયનું શું થાયછે તે આગળ ગ્લેશિયરના સંબંધમાં કહેવામાં આવશે.

તરોના પાકને નુકશાન કરેછે. આકાશમાં ઘણે ઊંચે ગયેલાં વાદળાં-નાં એ ફેારાંછે. ત્યાં ટાઢેક ઘણી હેાવાથી એ ફેારાં ઠરી જઇ બરફ બનેછે ને તે ઘનરૂપે નીચે પડેછે.

૫૨. હવાની સ્થિતિ—સાધારણ નિયમ એવેા છે કે વિષુવવૃત્ત આગળ તાપ વધારે, અને ત્યાંથી જેમ જેમ ઉત્તરે કે દક્ષિણમાં જઇએ તેમ તેમ તાપ એાછેા પડેછે; કારણ કે ઉષ્ણકટિબંધમાં સૂર્યનાં કિરણ લંબરૂપે પડેછે અને ધ્રુવ આગળ ત્રાંસાં પડેછે. પરંતુ આ નિયમમાં ફેરફાર કરનાર સાત કારણેા છે. ૧. પહાડ, ૨. ઊંચાણ, ૩. રેતીનાં રણ. ૪. દરિઆ, ૫. ઠરી ગયેલા દરિઆ, ૬. જંગલ, ૭. પવન. પહાડ અને ઊંચાણથી ટાઢ વધારે પડેછે, રણથી તાપ વધારે પડે છે, દરિઆથી સાધારણ—ઘણેા તાપ નહિ તેમ ઘણી ટાઢ નહિ કેમકે પાણી મંદવાહક છે, ઠરી ગયેલા દરિઆથી ટાઢ વધારે, જંગલથી ટાઢ વધારે, અને પવન ગરમ દેશેામાંથી આવે તેા ગરમીમાં વધારેા કરે ને ઠંડા દેશેામાંથી આવે તેા ટાઢમાં વધારે કરેછે.

૫૩. પર્વત અને ઊંચાણની જગામાં હવા ઠંડી હેાયછે તેનાં કારણ—૧. નીચેની હવા જાડી હેાયછે તેથી તે પેાતાનામાં વધારે ગરમી રાખી શકેછે, ને ઊંચાણની હવા પાતળી હેાયછે તેથી તે થેાડી ગરમી રાખી શકેછે; ૨. સુર્યની ગરમી વાતાવરણમાં થઇને પૃથ્વીપર આવે છે ને ગરમી ફેલાવાના નિયમ પ્રમાણે પૃથ્વી ઉપરથી તે ગરમી પાછી વાતાવરણમાં જાયછે. એટલે પૃથ્વી પાસેના વાતાવરણમાં સૂર્યમાંથી આવતી ને પૃથ્વીમાંથી નીકળતી આમ બમણી ગરમી એકઠી થાય છે. આને લીધે જેમ જેમ ઊંચે જઇએછીએ તેમ તેમ ઠંડી હવા આવે છે.